

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ВАЛУ 322-03-09

Магстерська кваліфікаційна робота
Спеціальність – 132 – “Матеріалознавство”
08-27.МКР.003.00.000

Розробив: ст. гр. ЗВ-19м Закордонець В. П.
Керівник: к.т.н., доц. Шиліна О. П.

Вінниця ВНТУ 2020

■ **Метою роботи** є удосконалення технології відновлення валу 322-03-09 редуктора електродуговим напиленням шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення, у тому числі із урахуванням відновлення шпонкових пазів валу та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

■ **Задачі дослідження:**

1. Обґрунтувати вибір електродугового напилювання в якості оптимального методу відновлення працездатності валу 322-03-09 редуктора і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при ремонті.
2. Вивчення можливості застосування механічної обробки металевими щітками поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та процесі формування поверхневого шару.
3. На основі аналізу різних груп конструкції шпонкових пазів встановити температурні поля, що виникають під час завершальної стадії їх заплавлення.
4. Дослідити вплив розповсюдження температурного поля, яке утворюється в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу.

Об'єкт дослідження – процеси утворення структури поверхневих шарів під впливом деформаційного зміцнення.

Предмет дослідження – механізм утворення структури поверхневих шарів під впливом механічної обробки металічною щіткою поверхні деталі під час нанесення покриття.

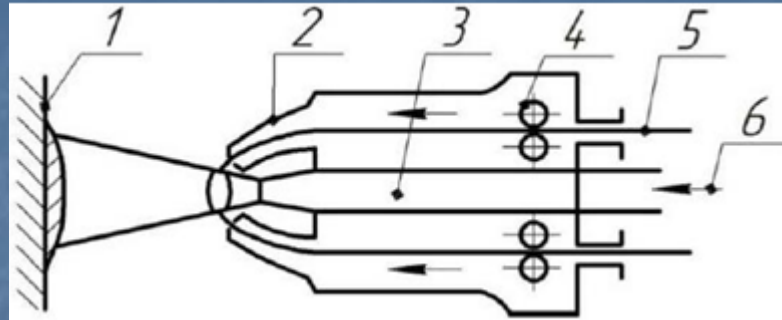
Наукова новизна. При виконанні магістерської кваліфікаційної роботи отримані результати, які мають наукову новизну, а саме:

1. Обґрунтовано вибір методу електродугового напилювання для відновлення працездатності валу 322-03-09 редуктора
2. Встановлена доцільність застосування механічної обробки металевими щітками поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та формування поверхневого шару.
3. Досліджено вплив температурного поля, яке утворюється в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу.

Практичне значення

- ❖ Розроблено технологічний процесу відновлення з використанням електродугового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.
- ❖ Модернізовано елетрометалізатор, призначений для транспортування розплавлених частинок матеріалу під час металізації поверхні валу.
- ❖ Розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo» для відновлення поверхонь деталей типу «вал»
- ❖ Спроектовано робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

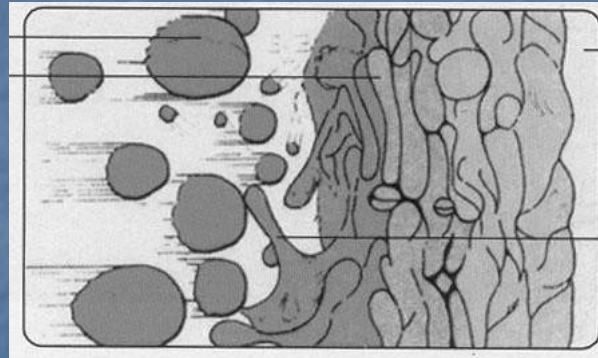
Схема електродугової металізації



1 – поверхня, що напилюється; 2 – напрямні наконечники; 3 – повітряне сопло;
4 – ролики подачі; 5 – дріт; 6 – газ (повітря)

Схема утворення електродугового покриття осадженням крапель розплавленого металу, що летять

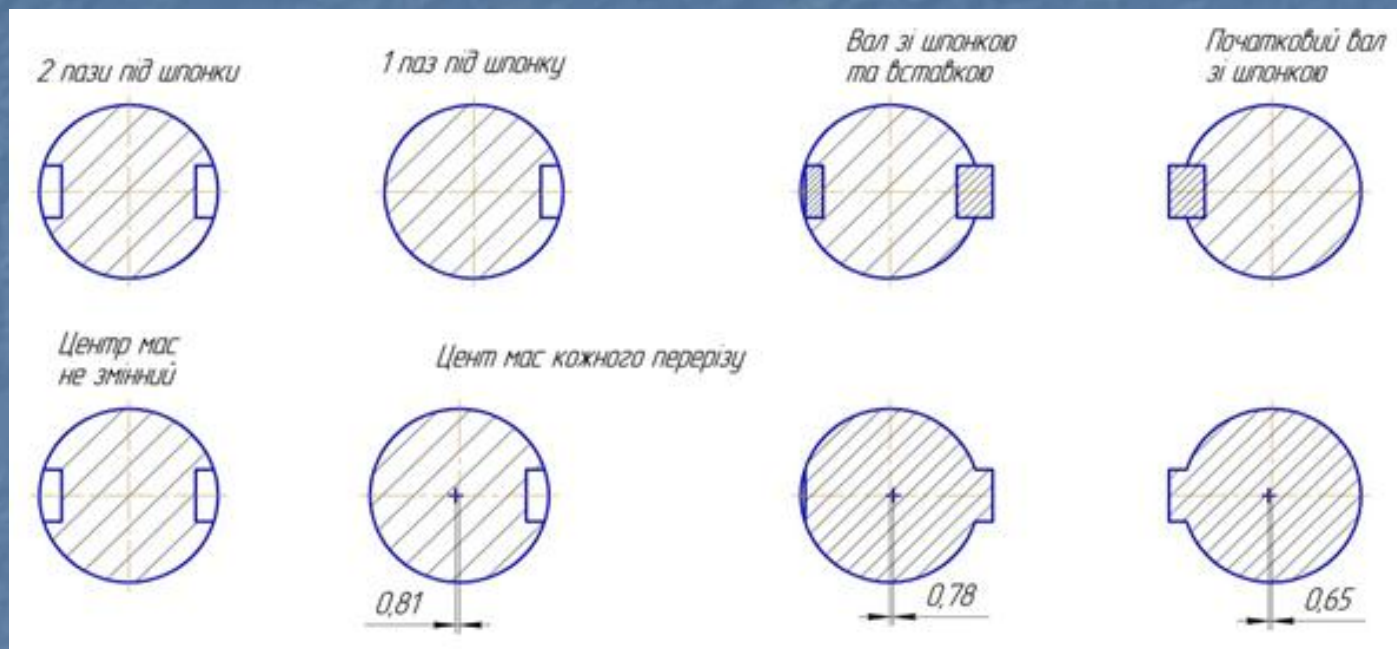
Розплавлені
каплі, що летять



Поверхня, що
відновлюється

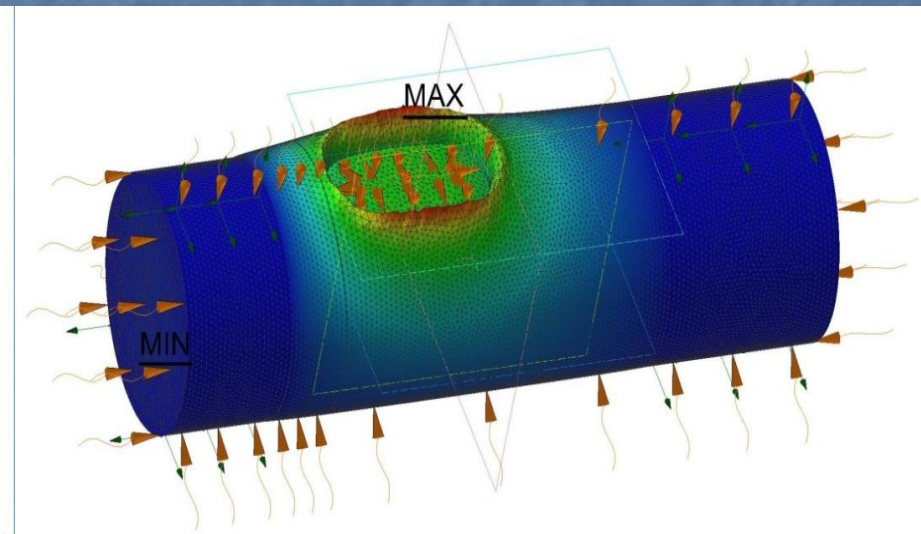
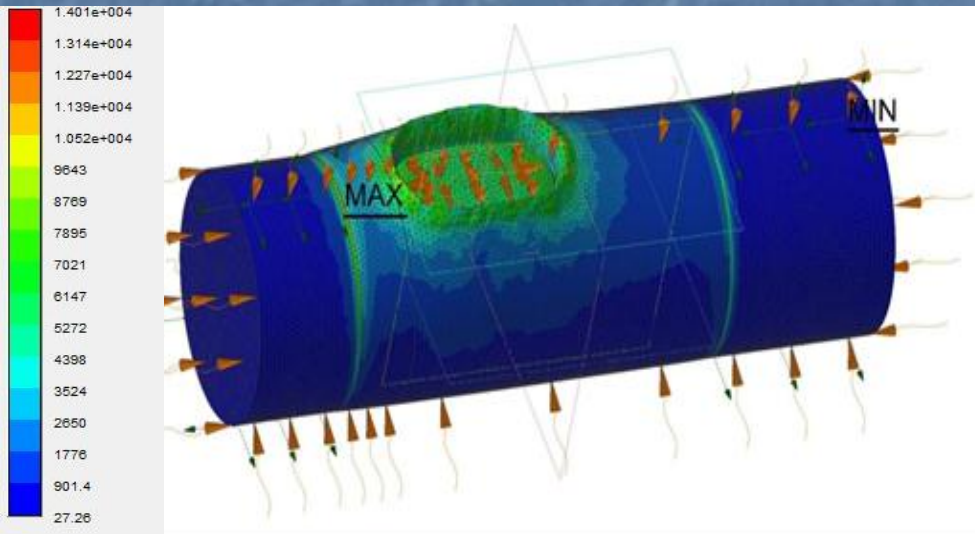
Бризки при
ударній крапель

Визначення запасу міцності при відновленні шпонкових пазів



Перерізи валів зі шпонками та без шпонок

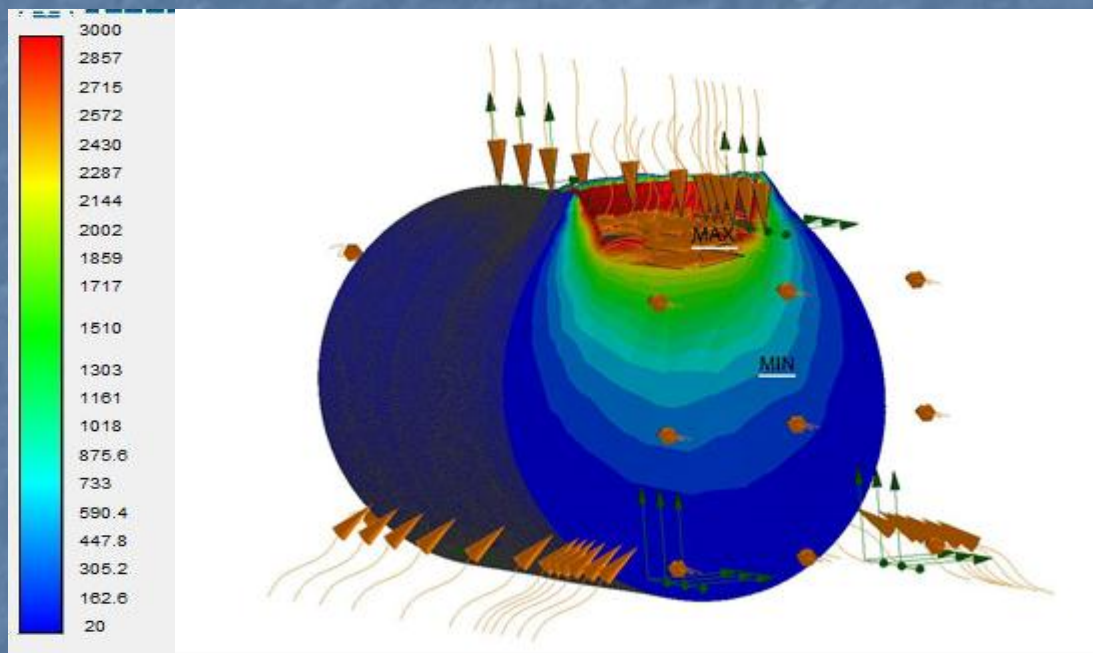
Комп'ютерний аналіз шпонкових пазів



Напруження, що виникають під час заплавлення шпонкового пазу

Деформації, що виникають під час заплавлення шпонкового пазу

Розподілення температури під час заплавлення шпонкового пазу



В результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу показано вплив температурних напружень на вал. Під дією температури виникають деформації, які призводять до жолоблення валу, а в поверхневих шарах деталі відбуваються структурні перетворення. І як результат поверхні таких валів потребують додаткової термічної обробки.

Особливості формування та структури покриттів отриманих суміщенням напилення та механічної (щіткової) обробки

Метою досліджень є вивчення можливості застосування механічної обробки щітковим інструментом поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття в процесі формування поверхневого шару.

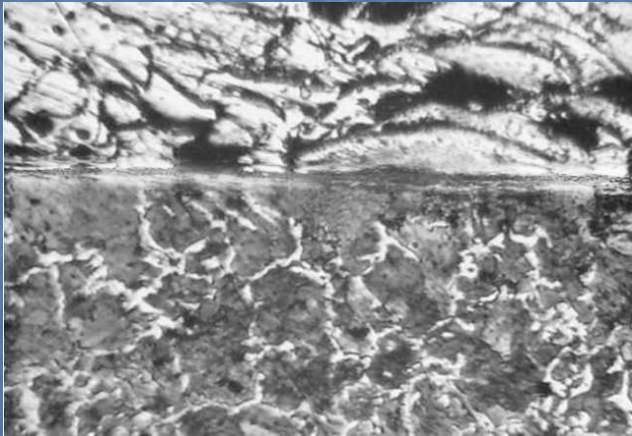
Пропонується в процесі газополуменевого порошкового напилювання виконувати механічну обробку спеціальною металевою щіткою.

Зміцнення деталей за допомогою інтегрування двох прогресивних технологічних процесів вельми складна внаслідок відмінності їхнього характеру. Тому, навіть часткове вирішення цієї задачі на основі аналізу та дослідження основних закономірностей формування властивостей напилених поверхонь, дозволить ефективно управляти якістю зміцнених деталей.

Експерименти виконувались при газополуменовому напилюванні зразків зі сталі 40Х діаметром 70 мм порошком ПГ-10Н-04, з одночасною механічною обробкою металевою щіткою.

Технологічні параметри щіткової обробки (швидкість обертання щітки 2100 об / хв; діаметр 0,8 мм і довжина голок 40 мм при щільності розташування голок - 32 шт/см²) забезпечують збільшення міцності зчеплення покриття з основою з 18 ... 20 МПа при традиційному способі напилення до 26,5 ... 28 МПа - при інтегрованому напиленні. Визначено, що застосування щіткової обробки при газополум'яневному напиленні дозволяє в середньому на 22% збільшити міцність зчеплення покриття з основою.

Структура напилених покриттів з сплаву ПГ-10Н-04 на сталі 40Х (х130) без щіткової обробки (а) та з щітковою обробкою (б) в процесі напилення



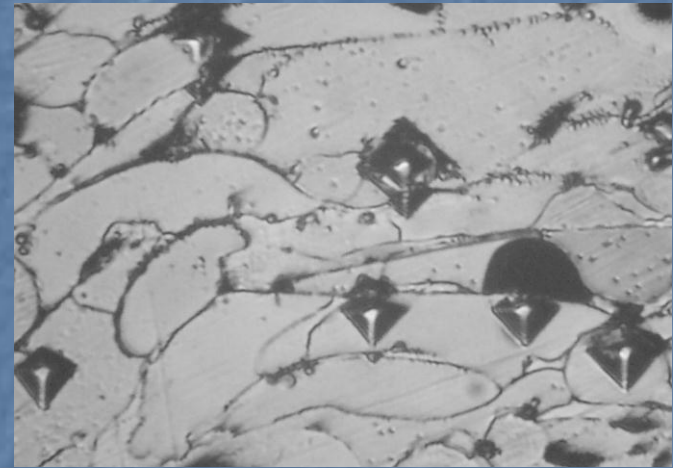
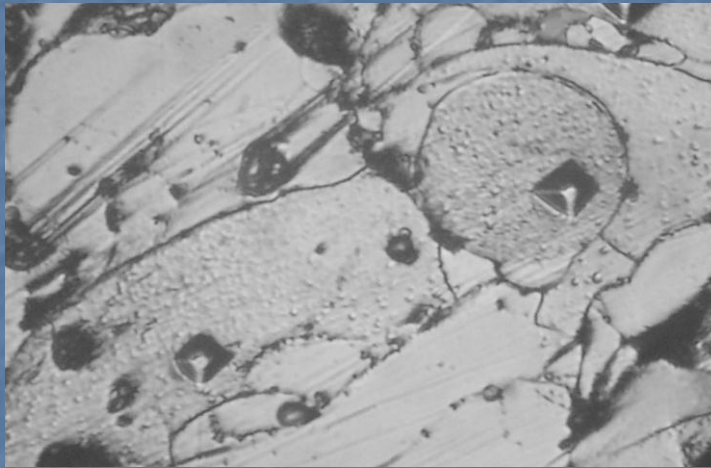
а)



б)

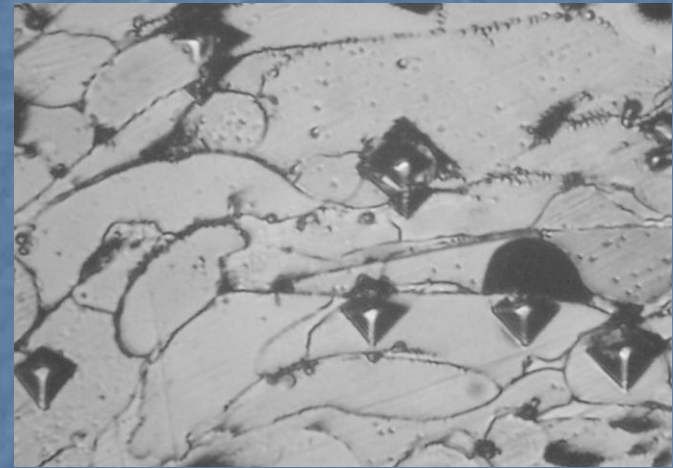
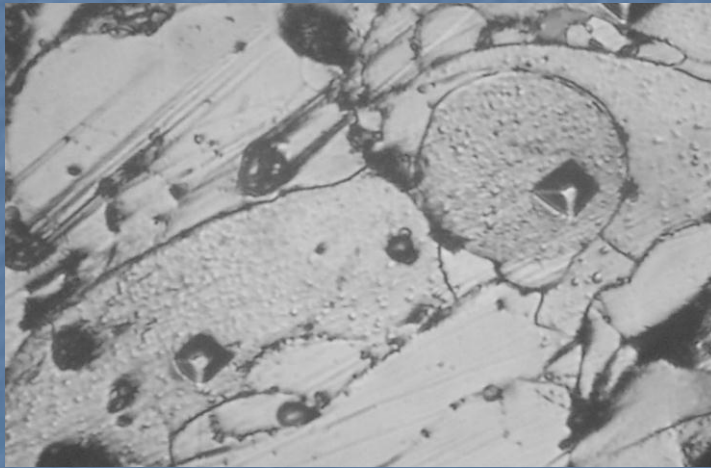
В структурі покриття (поз.а) напиленого порошком ПГ-10Н-04, газополуменим способом за традиційною технологією, видно численні порожнечі (пори), особливо на кордоні покриття з основою і недеформовані частинки напиленого матеріалу. При аналізі покриття, нанесеного із застосуванням щіткової обробки на різних режимах, мікроструктура основи металу не змінюється. Поверхня розділу «покриття - металева основа» характеризується відсутністю скупчення пор (поз. б).

Мікроструктури покриттів, нанесених газополуменевим напленням, поєднаним зі щіткової обробкою (x260)



Мікроструктура напленого шару являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують підвищену міцність і зносостійкість напленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

Мікроструктури покриттів, нанесених газополуменевим напленням, поєднаним зі щіткової обробкою (x260)



Мікроструктура напленого шару являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують підвищену міцність і зносостійкість напленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

Висновки наукового дослідження:

1. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу щіткової обробки, щільність напилених покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, відбувається так зване «заліковування» пор.

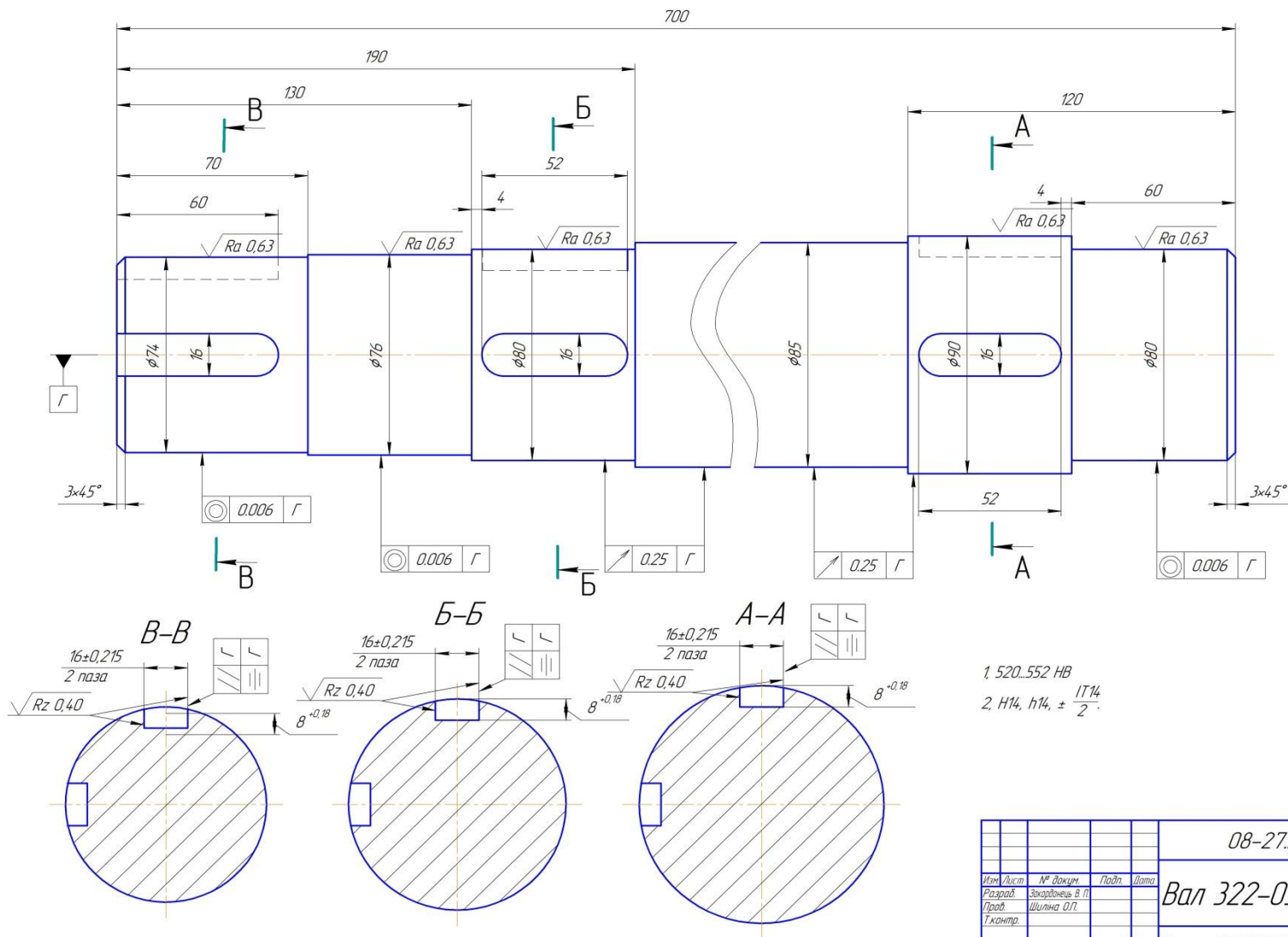
2. Мікроструктура напиленого шару являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ
ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ
ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ

РОБОЧЕ КРЕСЛЕННЯ

08-27.МКР002.00.00

$\sqrt{Rz\ 25\ (\checkmark)}$



- 1. 520..552 HB
- 2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

08-27.МКР002.00.00					
Изм/Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Закоробень В.П.			11	
Проб.	Шилина О.П.			Лист	Листов 1
Г.контр.					
Аконтр.	Шенфельд В.И.			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	ВНТУ,ЗВ-19М
Утв.	Полещук Л.К.			Копировал	Формат А2

Перед друком

Стор. №

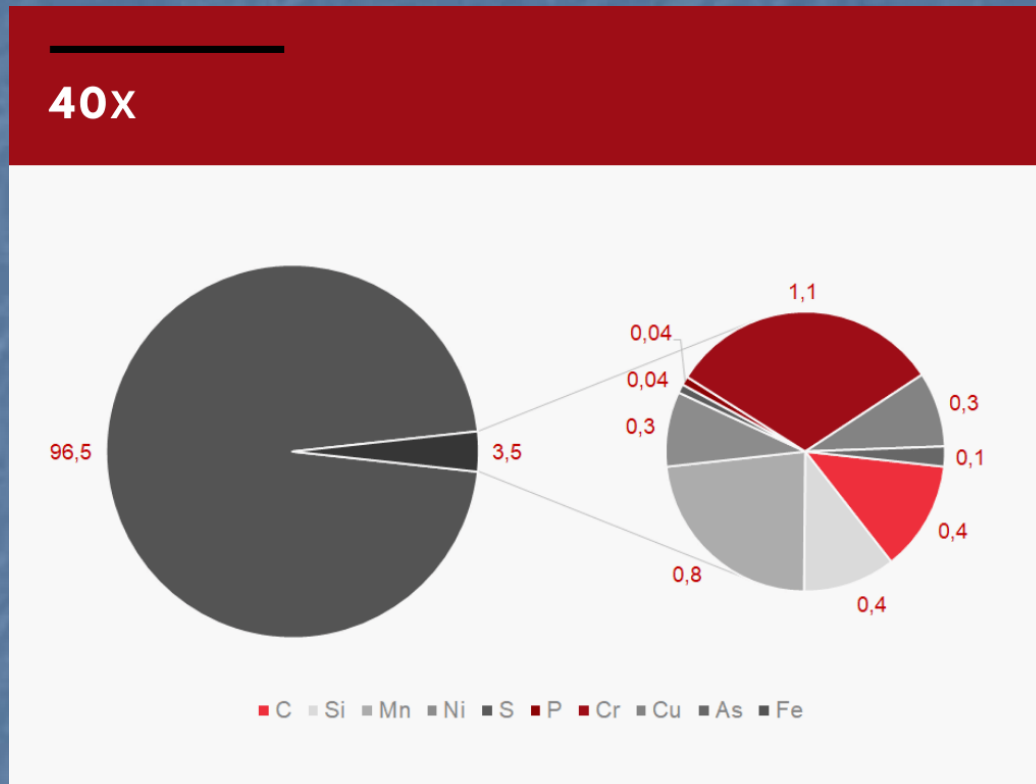
Лист і дата

Взам. інв. №

Лист і дата

Лист № розд.

Вал виготовлено із сталі 40Х ГОСТ4543-71



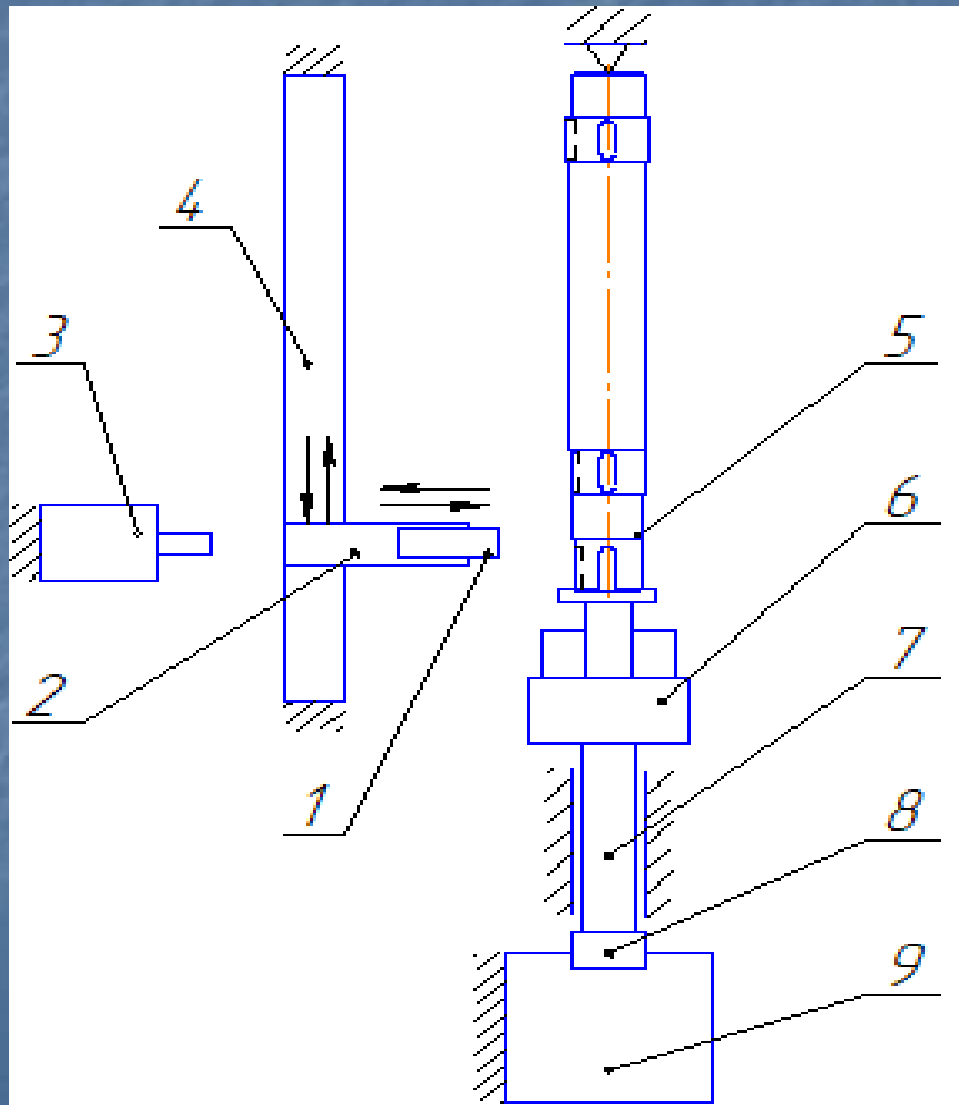
Графічний розподіл хімічного складу сталі 40X

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ

№ опер	Операційні переходи	Операційні ескізи	Моделі верстатів
005	<p><i>Наплавлення</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготвк. 2. Заплавити шпанкові пази 6, 7, 8, врівень 		<p><i>Зварювальний напів автомат ПС.180.2</i></p>
010	<p><i>Токарна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом. 		<p><i>Токарно-гвинтарізнний верстат 16К20; Планшайба</i></p>
015	<p><i>Напilenня</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготвк. 2. Напилити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом. 		<p><i>Установка для напilenня з ЧПК</i></p>
020	<p><i>Токарна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхню 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом. 		<p><i>Токарно-гвинтарізнний верстат 16К20; Планшайба</i></p>

025	<p><i>Фрезерна</i></p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Фрезерувати шпонкові пази 6, 7, 8 до розмірів за ескізом.</p>		<p><i>Вертикально фрезерний верстат 6P12</i></p>
030	<p><i>Шліфувальна</i></p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Шліфувати поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</p>		<p><i>Кругло шліфувальний верстат 3M174E;</i></p>
035	<p><i>Контрольна</i></p> <p>1. Виміряти діаметр наплавленої поверхні</p> <p>2. Порівняти виміри з розмірами на кресленні</p>		<p><i>Контрольний стіл, Штангенциркуль</i></p>

Конструктивна схема установки з ЧПК



ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 1. Проведено аналіз методів підвищення якості напилених покриттів, що дозволив визначити наступні тенденції розробки інтегрованих способів електродугового та газополуменевого напилювання:
 - зниження собівартості при високій якості та довговічності нанесених покриттів;
 - поєднання з технологіями, що не вносять істотних змін у процес напилювання, але в той же час значно підвищують якість покриття.
- 2. Показано вплив температурних напружень на вал в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу.
- 3. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу обробки металевими щітками, щільність напилених покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість складала 8...10%, відбувається так зване «заліковування» пор.
- 4. Мікроструктура напиленого шару, що зазнала впливу обробки металевими щітками, являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.
- 5. Модернізований елетрометалізатор призначено для транспортування розплавлених частинок матеріалу. Розплавлені частинки рухаються з великою швидкістю в результаті утворюються покриття з мінімально окислених часток з підвищеними когезійними та адгезійними властивостями.
- 6. В результаті модернізації технологічного процесу створено установку з ЧПК на базі вузлів компанії Festo для електродугового напилювання,
- 7. Розрахунки економічної ефективності показують, що окупність даного проекту складає менше, ніж один рік, що є дуже позитивним фактором для інвестування проекту

Дякую за увагу